

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of

HANAOKA et al

Application Number: To Be Assigned

Filed: Concurrently Herewith

**For: CHANNEL ESTIMATION METHOD
FOR A MOBILE COMMUNICATION
SYSTEM**

Attorney Docket No. NITT.0141

**Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231**

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

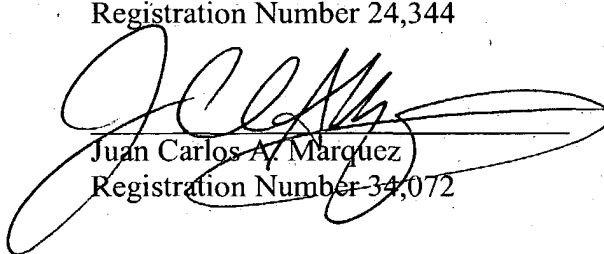
In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of February 28, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2003-052234.

The certified copy of corresponding Japanese patent application 2003-052234 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200



Juan Carlos A. Marquez
Registration Number 34,072

June 23, 2003

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application : February 28, 2003
Application Number : Patent Application No. 2003-052234
Applicant (s) : Hitachi, Ltd.

Dated this 25th day of April, 2003

Shinichiro OTA
Commissioner,
Patent Office
Certificate No. 2003-3029823

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 2月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-052234

[ST.10/C]:

[JP 2003-052234]

出 願 人

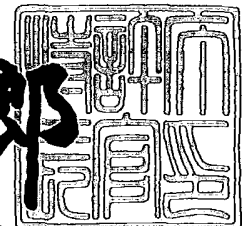
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 4月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



特 2 0 0 3 - 0 5 2 2 3 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02018371A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04L 27/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 花岡 誠之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 矢野 隆

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 移動通信システムにおける伝搬路推定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動通信システムにおける受信装置が、送信装置から受信したデータ信号の検波に用いる伝搬路推定値を求める伝搬路推定方法であって、

上記受信装置は、上記送信装置から複数のデータシンボルを含むデータ信号を受信し、

上記受信データ信号のデータシンボルごとに該データ信号の伝搬路を推定し、
該推定結果を用いて、上記データシンボルごとに上記受信データ信号の検波を行うことを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の伝搬路推定方法であって、

上記受信装置は、上記送信装置からパイロット信号を受信し、

上記パイロット信号を用いて上記伝搬路を推定することを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の伝搬路推定方法であって、

上記受信装置は、上記パイロット信号に基づいて、上記受信データ信号の伝搬路における振幅変動または位相回転を推定することを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の伝搬路推定方法であって、

上記検波されるデータ信号のデータシンボルと受信タイミングが最も近いシンボルを含む 1 または複数のパイロット信号のシンボルを用いて上記伝搬路を推定することを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項 5】

請求項 2 記載の伝搬路推定方法であって、

上記データ信号のシンボルレートよりも遅い速度で上記パイロット信号をサン

プリングし、上記データ信号のシンボルレートで動作するFIRフィルタを用いて、サンプリングされたパイロット信号を上記データ信号のシンボルレートに補間してFIRフィルタに入力し、フィルタ出力を伝搬路推定値とする伝搬路推定を行うことを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項6】

請求項5記載の伝搬路推定方法であって、

上記FIRフィルタの係数は、所定の低域通過特性のフーリエ変換により求められるインパルス応答に基づいて定められることを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項7】

請求項5記載の伝搬路推定方法であって、

上記パイロット信号は、上記データ信号と同一のチャンネルで、上記データ信号のシンボルの間に所定の間隔で挿入されて送信されることを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項8】

請求項2記載の伝搬路推定方法であって、

上記パイロット信号のシンボルレートは、上記受信データ信号のシンボルレートと等しいことを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項9】

請求項2記載の伝搬路推定方法であって、

上記パイロット信号を、所定の周波数以下の通過域を有する低域通過フィルタをとおして伝搬路推定に用いることを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項10】

請求項1記載の伝搬路推定方法であって、

上記受信データ信号は上記送信装置において多値変調されたものであることを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項11】

移動通信システムにおける受信装置であって、

送信装置と該受信装置間における伝搬路変動を、受信信号にもとづいて推定する伝搬路推定部と、

上記伝搬路推定部における推定結果を用いて受信されたデータ信号を検波する検波部と、

上記検波された受信信号を復調する復調部とを有し、

上記受信データ信号は複数のデータシンボルを有し、

上記伝搬路推定部は、上記受信データ信号のデータシンボルレートで動作してデータシンボルごとに伝搬路推定を行い、

上記検波部は、上記データシンボルごとに上記受信データ信号の検波を行うことを特徴とする受信装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定部は、上記送信装置から受信したパイロット信号を用いて上記伝搬路変動を推定することを特徴とする受信装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定部は、上記パイロット信号に基づいて、上記受信信号の伝搬路における振幅変動または位相回転を推定することを特徴とする受信装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定部は、入力されたパイロット信号を遅延させる複数の直列に接続された遅延素子と、

上記複数の遅延素子の出力に所定の複数の係数を乗ずる複数の乗算器と、

上記複数の乗算器の出力を加算する加算器とを有し、

上記伝搬路推定部は、上記データ信号のシンボルレートで動作し、上記加算器の出力を用いて上記伝搬路変動を推定することを特徴とする受信装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定部には、上記データ信号のシンボルレートよりも遅いレートでサンプリングされた上記パイロット信号が入力され、入力された上記パイロット信号を、予め定められた値で上記データ信号のシンボルレートに補間し、該補完

された信号を複数の遅延素子に入力することを特徴とする受信装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 記載の受信装置であって、

上記複数の乗算器の係数は、所定の低域通過特性のフーリエ変換により求められるインパルス応答に基づいて定められることを特徴とする受信装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 4 記載の受信装置であって、

上記複数の係数のうち少なくとも 1 つは負の値であることを特徴とする受信装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 4 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定部は、入力されたパイロット信号を遅延させる複数の直列に接続された遅延素子と、

上記複数の遅延素子の出力に所定の複数の係数を乗ずる、遅延素子の数よりも少ない複数の乗算器と、上記複数の乗算器の出力を加算する加算器とを有し、

上記伝搬路推定部は、上記データ信号のシンボルレートで動作し、上記加算器の出力を用いて上記伝搬路変動を推定することを特徴とする受信装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 2 記載の受信装置であって、

上記伝搬路推定に用いるパイロット信号を通す低域通過フィルタを有することを特徴とする。

を用いることを特徴とする伝搬路推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本願発明は特に無線通信システムで使用される受信側通信装置に用いるのに好適な伝搬路推定方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 2 に本願発明が適用される無線通信装置及び無線通信システムの構成を示す。無線通信システムは送信側無線通信装置(201)と受信側無線通信装置(202)から構成され、無線伝搬路(203)を介して通話やデータ伝送が行われる。図 2 以降すべての図は一方の回線(例えば下り回線)を例に記載しているが上り回線でも同様に適用可能である。

【0003】

送信側無線通信装置(201)では、まず送信すべきデータは送信部(205)内の伝送路符号化部(207)によって符号化が行われる。無線通信では符号化方法として畳込み符号化やターボ符号化がよく用いられている。符号化された符号語はQAM(Quadrature Amplitude Modulation)変調部(206)に入力され変調が行われ、変調後のベースバンド信号を無線部(208)により無線周波数帯に変換して伝送する。一方、受信側無線通信装置(202)では無線伝搬路(203)からアンテナ(210)を介して受信した無線信号を無線部(215)によりベースバンド帯域に変換する。ベースバンド信号はまず受信部(211)においてQAM復調部(213)で復調処理が行われた後、伝送路復号化部(214)で復号が行われる。なおQAM復号部(213)では伝搬路推定部(212)における無線伝搬路の推定結果を用いて復調処理を行う。

【0004】

さて送信側無線通信装置における伝送路符号化方法としてはここでは図 3 に示すように、符号化率 $R=1/3$ 、拘束長 $K=4$ のターボ符号を仮定する。この符号は第3世代移動体通信の仕様として3GPP(3rd Generation Partnership Project)仕様TS 25.212で規定される等、広く一般的に使用される符号の一つである。

【0005】

また送信側無線通信装置におけるQAM変調部では伝送効率を高める為に古くから研究されている多値変調(QAM変調)を行う。64QAMの場合は1シンボルあたり6ビット伝送が可能で、図 4(401)に示すように6ビット{S5, S4, S3, S2, S1, S0}を同相成分(I成分: In-phase成分)3ビット{S2, S1, S0}と直交成分(Q成分: Quadrature成分)3ビット{S5, S4, S3}に分けてそれぞれ隣り合うシンボルは1ビットの違いが生じるようなグレイ符号化を施して図 4 に示すような信号点に配置して

伝送する。

【0006】

QAM変調された送信信号は無線伝搬路においてフェージングと呼ばれる無線伝搬路特有の振幅変動と位相回転の影響を受けるため、受信側無線通信装置において正しく復調、復号するためにはこれらの変動を正しく推定する必要がある。この様子を図5に示す。まず信号点配置が(501)の形となっているQAM信号を送信し、この信号が伝搬路において振幅変動 G 、位相回転 θ のフェージングを受けたとする(502)。この時信号点配置は(503)に示す通りである。受信側においては、伝搬路推定用に送信しているパイロット信号などを用いることにより伝搬路における振幅変動 G 、位相回転 θ を推定し、さらにこの伝搬路推定値の複素共役を乗ずることにより、 $(-\theta)$ 回転を実現し位相回転を補正する(505)。なおQAMのように振幅方向にも情報がのっている信号の場合には復調のために振幅変動 G の値も正しく推定する必要がある。

【0007】

さて上記における伝搬路推定を行うために、伝搬路の状況を推定するためのパイロット信号を、情報が乗っているデータ信号とは別に用意するのが一般的である。パイロット信号は受信側においてもどのような信号を送信しているかが既知であることが特徴で、このため、パイロット信号の受信信号そのものが伝搬路の状況を表現している。例えばパイロット信号が信号点配置 $= (1, 0)$ 、すなわち $1 \times \exp(j0)$ で表現される信号である場合、受信信号 $= G \times \exp(j\theta)$ となり、まさに受信信号が伝搬路の状況を表現している。受信信号から直交成分のみ正負反転した信号を生成するとこれが $G \times \exp(-j\theta)$ となるため、復調に必要な $(-\theta)$ 回転させるために必要な信号も容易に得られる。

なおパイロット信号の送信方法には大きく二つあり、一つは図6のようにデータ信号と並行に別々の通信チャネルで同時に送信する方法であり、もう一つは図8のようにデータ信号と同一の通信チャネルを用いる代わりに時間的にパイロット信号を定期的に挿入する方法である。

以下ではどの時刻におけるパイロット信号の値を用いて伝搬路推定するのかを具体的に説明する。

【0008】

図6に示すように、一つめのパイロット信号を並行に送信している場合、通常データ信号の伝送速度の方が速いため、同一時間に受信するデータの数異なる。図6の例では一つの四角がそれぞれの信号1シンボルに相当し、(601)のパイロット信号 P_3 の1シンボルを受信する間に(602)データ信号は d_1, d_2, d_3, d_4 の4シンボル受信している。したがって d_1, d_2, d_3, d_4 の4シンボルの復調に用いる伝搬路推定の値は、同時刻に受信したパイロット信号 P_3 を用い、受信した P_3 を伝搬路推定値とする。

【0009】

図6の伝搬路推定方法では、 P_3 の時刻に伝搬路がフェージングや雑音等の影響を受けた場合、伝搬路推定が正しく行われず通信品質が劣化する可能性がある。これを回避するため、図7に示すように、推定する時刻の前後の時刻における複数のパイロット信号を用いて、それぞれ(701)に示すように重み付けした上でこれを加算し(702)、これを伝搬路推定値とする方法が考えられている。ただしこの場合も $W1:W2:W3:W4:W5=1:2:3:2:1$ のような簡単な重み付け係数を用いて、データ信号に近い信号により大きな重み付け係数を与える程度である(703)。

【0010】

一方、図8に示すように、同一チャネルを用いて周期的にパイロット信号が挿入されている場合、データ信号(802)の前後にパイロット信号(801、803)が存在するため、パイロット信号(801)、(803)の平均値を計算し(805)、これを伝搬路推定値として、パイロット信号(801、803)の間のすべてのデータ信号(802)に適用するのが簡単である。

【0011】

図8の伝搬路推定方法においても、パイロット信号がフェージングや雑音等の影響を受けた場合、伝搬路推定が正しく行われず通信品質が劣化する可能性がある。これを回避するため、図9に示すように、推定する時刻の前後の時刻における複数のパイロット信号を用いて、それぞれ(901)に示すように重み付けした上でこれを加算し(902)、これを伝搬路推定値とする方法が考えられてい

る。しかしこの場合も $W1 : W2 : W3 : W4 = 1 : 2 : 2 : 1$ のような簡単な重み付け係数を用いデータ信号に近い信号により大きな重み付け係数を与える程度である（903）。例えば、非特許文献1に、 $W1 : W2 : W3 : W4 = 1 : 2 : 2 : 1$ の例が実際に紹介されている。

【0012】

以上で述べた伝搬路推定方法は一つもしくは複数のパイロット信号の情報から得られた伝搬路推定値を複数の多くのデータ信号（シンボル）の復調に適用していることが特徴である。従来の伝搬路推定方法では、QAMのように振幅及び位相に情報が乗っている変調方式を適用する場合、復調においても精度の高い伝搬路推定結果が必要となるため、複数のデータ信号（シンボル）に対して同一の伝搬路推定値を用いると伝搬路変動を正しく推定していないためにかえって通信品質が大きく劣化する問題がある。

【0013】

また複数時刻のパイロット信号の重み付けにより伝搬路を推定する場合においても従来の方法では重み付け係数の定量的な算出根拠がなく、係数を正しく設定しなければかえって通信品質が大きく劣化する場合がある。

【0014】

【非特許文献1】安藤 他「DS-CDMAにおける複数パイロットブロックを用いる高精度チャネル推定法」（電子情報通信学会技術報告：RCS96-72）

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、無線通信システムにおける情報伝送速度の高速化に伴い、周波数利用効率を高めるために変調方式としてQAMを適用するシステムが増えていく中で、効率よく、かつ精度よく伝搬路を推定し、良好な品質、すなわち良好な誤り率特性で通信するための伝搬路推定方法を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明はデータ信号の一つ一つのシンボルに対して異なる伝搬路推定値を算出して復調に用いることにより特性改善を図る。

また上記目的を達成するため、無線伝搬路におけるフェージングの有する周波数特性に着目し、推定誤差を増大させる熱雑音を除去することにより伝搬路推定値の算出精度を高める。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

(第 1 の実施例)

本発明においては、上記目的を達成するため、図 1 0 に示すようにパイロット信号のサンプリング周期をデータ信号の伝送速度（シンボルレート）と同一とし、一つのパイロット信号を用いて、あるいは複数のパイロット信号を重み付けたものを用いてデータ信号のシンボル毎に伝搬路を推定する。具体的には、該データ信号の、伝搬路における振幅変動または位相回転を推定する。

パイロット信号（1 0 0 1）はデータ信号（1 0 0 5）と同一の伝送速度（シンボルレート）で P0, P1, P2, P3, P4, … と送信あるいはサンプリングされる。図 1 0 では 4 シンボル間隔のパイロット信号 P0, P4, P8, P12, P16（1 0 0 2）を用いてそれぞれのパイロット信号に対して重み付け係数を乗算し（1 0 0 3）、加算する（1 0 0 4）ことにより、データ信号（1 0 0 5）の中のある 1 シンボル d1（1 0 0 6）における伝搬路推定値を算出する。あるいは、同タイミングまたは最も近いタイミングで受信されるパイロット信号 P8 のみを用いて伝搬路推定値を算出してもよい。伝搬路推定に用いるパイロット信号としては、一般的には、検波対象であるデータ信号のシンボルと同様の伝搬路を経てほぼ同じタイミングで受信されるパイロット信号が望ましいと考えられる。その他、そのタイミング前後の複数シンボルのパイロット信号を用いることにより、高精度な伝搬路推定を行うことができる。データ 1 シンボルと、そのデータシンボルの伝搬路推定に用いるパイロット信号の時間的關係は固定とし、d1（1 0 0 6）の次のデータシンボル d2（1 0 1 0）の伝搬路推定値は、1 シンボル時間ずれたパイロット信号 P1, P5, P9, P13, P17（1 0 0 7）を用いて同様に重み付け係数を乗算し（1 0 0 8）、加算する（1 0 0 9）することにより算出する。

【 0 0 1 8 】

上記の伝搬路推定方法を用いることにより、データ信号一つ一つのシンボルに

対して異なる伝搬路推定値を算出することが可能となるため、通信品質特性（誤り率特性）を改善することができる。

【 0 0 1 9 】

（第 2 の実施例）

本実施例においては、受信したパイロット信号を入力として低域通過フィルタ（LPF: Low Pass Filter）を通過させることにより伝搬路推定精度を向上させる。

以下ではこれを具体的に説明する。

無線伝搬路ではフェージングという振幅及び位相の急激な変動（一種の雑音）が生じる。これを周波数領域で表現した場合、最大ドップラー周波数(f_d)を超える周波数成分はない。ここで、最大ドップラー周波数とは、搬送波周波数および移動局の移動速度に比例するものである。例えば、搬送波周波数=800MHz、移動局の移動速度を時速120kmとした場合の最大ドップラー周波数はほぼ $f_d=240\text{Hz}$ （240bit/s相当）となり、スペクトル密度はおおよそ図 1 1 の（1 1 0 1）に示すようなものとなる。

【 0 0 2 0 】

これに対してデータ伝送速度は例えば現在の第3世代携帯電話で384kb/s、実際の無線伝搬路ではもっと高速な伝送が行われており、桁のオーダーではるかに高速である。図 1 1 の例ではシミュレーションの都合上、データ伝送速度を289.5k Hz（1 1 0 3）としているが、この場合も $f_d=240\text{Hz}$ と289.5kb/sでは1200倍以上の速度の差がある。

【 0 0 2 1 】

しかし伝搬路では上記フェージングに加え、無線伝搬路を伝送する帯域幅に比例した熱雑音（白色雑音）が加わる。この様子を図 1 2 の（1 2 0 1）に示す。従来の伝搬路推定では、フェージングによる振幅変動と位相回転に広帯域な雑音成分（1 2 0 1）が加わっている状態（1 2 0 2）で伝搬路を推定しているわけだが、フェージングは前述の通り最大ドップラー周波数以上の成分をもたないことから、パイロット信号を（1 1 0 4）に示す、最大ドップラー周波数以下の成分を通過させるような通過域を有する低域通過フィルタに通すことにより、フェージングの信号はそのまま通過し、残りの帯域に存在する多くの熱雑音を除去す

ることができる。もちろん、フェージングの周波数領域に存在する熱雑音は除去できずに残ってしまうが(1203)、元々伝搬路で加わった熱雑音の総計と比較すれば、データ伝送速度が速く、フェージングが桁のオーダーで遅いことから、極めて少ないとみなせる(先ほどの $f_d=240\text{Hz}$ と伝送速度 289.5kb/s の例だと、このフィルタを通過させることにより $1/600$ 程度にまで熱雑音を減らせる)。このように伝搬路推定に用いるパイロット信号に伝搬路で生じたフェージングの最大ドップラー周波数に合わせた低域通過フィルタを動作させることにより不要な雑音を除去し、精度よく伝搬路推定することが可能となる。

【0022】

(第3の実施例)

本実施例では、第2の実施例における低域通過フィルタの具体的な構成方法について言及する。第1の実施例で述べたようにデータ信号の1シンボル毎に異なる伝搬路推定値を算出させるため、パイロット信号の送信あるいはサンプリング間隔もデータ信号と同一とする。第1の実施例では複数の時刻におけるパイロット信号のデータを重み付けしてこれを加算しているが、これを実現するもっとも簡単な方法は図13の(1301)に示すFIRフィルタである。すなわち複数の遅延素子(1303)とそれぞれのデータに対して重み付け係数を乗算する乗算器(1304)及びこれらの乗算結果を加算する加算器(1305)から構成される。なおFIRフィルタの各係数は図14に示すように所望の低域通過特性(1104)のフーリエ変換により求められるインパルス応答(1402)に合わせて重み付け係数として設定する(1404)。これは(1104)の周波数特性をもつ低域通過フィルタを(1301)のFIRで構成したといってもよい。本発明では重み付け係数を伝搬路変動に合わせた低域通過フィルタの特性をもつように設定する点が特徴である。また重み付け係数の値そのものに注目した場合、本発明では図14の(1404)に示すように重み付け係数の値として、負の値を有する点も特徴である。

【0023】

(第4の実施例)

本実施例においては、ナイキストの定理を利用することによりパイロット信号の

サンプリング速度（レート）をデータ伝送速度（データ信号のシンボルレート）よりも遅くしてもサンプリング間隔をデータ伝送速度と同一とした場合と同一の高精度な伝搬路推定値の算出を行う。以下この詳細を述べる。

【0024】

ナイキストの定理によれば、信号の有する最大周波数の2倍以上のサンプリング周波数があれば元の信号を再現できるため、図11の $f_d=240\text{Hz}$ のフェージングの場合、 480Hz （ 480bit/s 相当）（1102）以上でサンプリングすれば、このフェージングを再現することが理論的には可能である。図11の場合、データ伝送速度は 289.5kb/s （1103）のため、このナイキストの定理の条件を満たしている。先ほど述べた第3の実施例においても、パイロット信号のサンプリング間隔をデータ伝送速度と同一とすることで、このナイキストの定理を満たしている。この様子を図15に示す。パイロット信号（1501）をデータ伝送速度と同一のサンプリング周波数でサンプリングし（1502）、これをフェージングに合わせた周波数領域を通過させるFIRフィルタ（1301）を動作させることによりデータ伝送速度と同一の間隔で伝搬路推定値（1503）を算出している。

【0025】

この第3の実施例の動作はフェージングの最大ドップラー周波数 $f_d=240\text{Hz}$ の場合、 480Hz 以上でサンプリングすれば信号が再現可能であるのに対しデータ伝送速度は 289.5kb/s と非常に高速である。この場合には、通信品質を損なうことなく、パイロット信号のサンプリングレートを最大ドップラー周波数の2倍程度まで下げることができる。

【0026】

そこで、例えば図16のようにサンプリング周波数をデータ伝送速度の $1/4$ 、すなわち4データシンボルごとに1回だけサンプリングを行うようにし、残りの3回のサンプリングに相当する時刻においては“0”を挿入した信号（1601）を生成して補間し、これを第3の実施例で用いたFIRフィルタに入力させる。データ伝送速度はフェージングの最大ドップラー周波数に対して十分高速なため、パイロット信号のサンプリング間隔をデータ伝送速度の $1/4$ にしてもナイキスト

の定理は成立しており、かつ第3の実施例で説明したものと同一のFIRフィルタを用いていることにより、フェージングが有する周波数領域はすべて通過するため、このように動作させて出力させた伝搬路推定値(1602)は、図15における伝搬路推定値(1503)とほぼ同一となる。この伝搬路推定方法を図1に示す。パイロット信号(1001)をあるサンプリング周波数(ただし、フェージングの最大ドップラー周波数の2倍以上とする)でサンプリングし(1002)、これを伝搬路推定への入力信号とする。次に伝搬路推定値の出力間隔(=データ伝送速度)に合わせて"0"を挿入した信号(1601)をスイッチ(102)による切替えて実現し、(1404)に示す低域通過特性を有する重み付け係数を持ったFIRフィルタを動作させる。FIRフィルタは複数の遅延器(103)とそれぞれの重み付け係数との乗算を行う乗算器(104)及びこれらの乗算結果を加算する加算器(105)から構成され、データシンボルレートで動作するFIRフィルタの出力(106)がデータ信号のある時刻における1シンボル分の伝搬路推定値となる。その後、検波部(107)において伝搬路推定値を用いてデータ信号の検波(位相回転の補正等)を行い、復調部(108)で、多値変調などにより変調されたデータ信号の復調を行う。

【0027】

この第4の実施例における伝搬路推定方法を用いた場合の誤り率特性を計算機シミュレーションにより評価した。シミュレーション条件としては、伝送路符号化として図3に示した符号化率 $R=1/3$ 、拘束長 $K=4$ のTurbo符号を用い、多値変調として16QAMを適用して20kb/s伝送を行う(なおこの時QAMのシンボル伝送速度は16k symbol/sとなる)。またパイロット信号は1600Hz(1.6kb/s)で送信され、パイロット信号の電力はデータ信号の電力の10倍強いと仮定している。伝搬路推定は、データ信号10シンボルに1回の割合でパイロット信号をサンプリングして、9個の"0"を挿入してデータ伝送速度に合わせた上で、240Hzまでを通過域とする低域通過フィルタを100タップのFIRで実装した。 $f_d=240\text{Hz}$ の場合の誤り率特性を図17に示す。

【0028】

実線は理想的に誤りなく伝搬路が推定できた場合に達成可能な誤り率特性の限

界値である。またFIRフィルタで除去できない残留雑音（1203）が存在する場合は、この雑音により生じる伝搬路推定誤差により誤り率特性は劣化するが、この特性を点線で示す。この特性はフェージングの特性に合わせた低域通過特性をFIRで実現した時の限界を示すと解釈してもよい。さらに比較の為にNTTドコモが1996年に発表している従来の伝搬路推定方法を用いた場合の特性を三角印（▲）で示す。図17よりフェージングの特性に合わせた低域通過特性を持った、本実施例におけるFIRを用いることにより、従来方式と比較して約0.2dB特性が改善されていることがわかる。

【0029】

（第5の実施例）

本実施例では多値変調適用時に伝搬路推定を効率よくかつ高精度に行うために、データ信号のシンボル毎に違う伝搬路推定値を用いるが、本実施例では数シンボルを伝搬路推定の更新の単位として、数シンボルごとに、第1から第4の実施例に示した伝搬路推定方法を適用する。本来伝搬路推定値はデータシンボルごとに異なるため、数シンボル分を同一の伝搬路推定値とすることにより多少の特性劣化は生ずるが、伝搬路推定の算出頻度を減少することが可能であり、またFIRによってフィルタを構成する場合、装置構成の観点からもタップ数を減少させる（乗算器の数を減少させることと等価）ことができるため簡略化にメリットを見出すことが可能となる。この様子を図18に示す。図18の例では、シンボル毎に伝搬路推定値を更新する際に構成したFIRフィルタ（1801）のタップ数が6でその重み付け係数の分布が（1802）であったと仮定する。さらに、データ2シンボル間は同一の伝搬路推定値を用いてもよいと仮定すると2シンボル間は同じ重み付け係数の乗算となるため、乗算器は3つでよく、その分布は（1804）のような分布となる（なお（1804）の点線はタップ数が3の場合の特性と等価な、（1801）と同様にタップ数が6の場合に実現される重み付け係数を表している）。重み付け係数が異なるため多少の特性劣化が生じるがこの例でも乗算器の数を1/2にすることが可能である。

【0030】

本発明に用いるパイロット信号は、送信側通信装置から複数の受信側通信装置

に向けて送信される共通のパイロット信号でも、送信側通信装置から特定の受信側通信装置に向けて送信される個別パイロット信号でもよい。また、実施例4のようにデータ信号のシンボルレートよりも低いレートでパイロット信号をサンプリングする場合は、データ信号と同一のチャンネルで、データ信号の間に周期的に挿入されて送信されるパイロット信号でもよい。

【0031】

【発明の効果】

本発明により、多値変調を適用した高速データ伝送時にも効率よくかつ高精度な伝搬路推定を行うことが可能となり、通信品質特性が改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による第4の実施例の伝搬路推定方法を示すブロック図である。

【図2】

本発明におけるシステム構成を示す図である。

【図3】

伝送路符号化方法の一つであるTurbo符号の生成器を示すブロック図である。

【図4】

QAMの一つである64QAMの信号点配置を示す図である。

【図5】

QAM送信信号がフェージング及び検波によりどのように推移していくかを示した図である。

【図6】

パイロット信号がデータ信号と並行に送信されている場合の従来の伝搬路推定方法を示す図である。

【図7】

パイロット信号がデータ信号と並行に送信されている場合に複数の時刻におけるパイロット信号を用いた従来の伝搬路推定方法を示す図である。

【図8】

パイロット信号がデータ信号と時分割に送信されている場合の従来の伝搬路推

定方法を示す図である。

【図 9】

パイロット信号がデータ信号と時分割に送信されている場合により広範囲な時刻における複数のパイロット信号を用いた従来の伝搬路推定方法を示す図。

【図 1 0】

本発明の第一の実施例における伝搬路推定方法を示す図である。

【図 1 1】

伝搬路におけるフェージングの周波数スペクトルを表した図である。

【図 1 2】

本発明の第二の実施例における低域通過フィルタを用いることによりフェージングを高精度に推定することを説明する図。

【図 1 3】

本発明の第三の実施例における伝搬路推定方法を実現するブロック図である。

【図 1 4】

本発明の第三、第四の実施例における重み付け係数の値を示す図である。

【図 1 5】

本発明の第三の実施例におけるパイロット信号のサンプリング間隔と伝搬路推定周期との関係を示す図である。

【図 1 6】

本発明の第四の実施例におけるパイロット信号のサンプリング間隔と伝搬路推定周期との関係を示す図である。

【図 1 7】

本発明の第四の実施例を用いたシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 8】

本発明の第五の実施例を用いた伝搬路推定方法を説明する図である。

【符号の説明】

101…本発明による伝搬路推定部

102…本発明によるパイロット信号及び“0”データ切替スイッチ

103…本発明によるFIRを構成する遅延素子

- 104…本発明によるFIRを構成する乗算器
- 105…本発明によるFIRを構成する加算器
- 106…本発明による伝搬路推定値
- 107…検波部
- 108…復調部
- 201…送信側無線通信装置
- 202…受信側無線通信装置
- 203…無線伝搬路
- 204…送信側無線通信装置のアンテナ
- 205…送信側無線通信装置の送信部
- 206…送信側無線通信装置のQAM変調部
- 207…送信側無線通信装置の伝送路符号化部
- 208…送信側無線通信装置の無線部
- 209…送信側無線通信装置の受信部
- 210…受信側無線通信装置のアンテナ
- 211…受信側無線通信装置の受信部
- 212…受信側無線通信装置の伝搬路推定部
- 213…受信側無線通信装置のQAM復調部
- 214…受信側無線通信装置の伝送路復号化部
- 215…受信側無線通信装置の無線部
- 216…受信側無線通信装置の送信部
- 301…ターボ符号器への入力ビット
- 302…ターボ符号器の符号後出力ビット
- 401…64QAMにおけるシンボルとビット配置
- 501…QAM送信信号の信号点配置
- 502…伝搬路変動
- 503…QAM受信信号の信号点配置
- 504…検波復調処理
- 505…復調後QAM信号の信号点配置

- 601…パイロット信号
- 602…データ信号
- 701…従来の伝搬路推定方法における乗算器
- 702…従来の伝搬路推定方法における加算器
- 703…従来の伝搬路推定方法における重み付け係数の分布
- 801…注目する時刻のデータ信号の前にあるパイロット信号
- 802…データ信号
- 803…注目する時刻のデータ信号の後ろにあるパイロット信号
- 804…従来の伝搬路推定方法における乗算器
- 805…従来の伝搬路推定方法における加算器
- 901…従来の伝搬路推定方法における乗算器
- 902…従来の伝搬路推定方法における加算器
- 903…従来の伝搬路推定方法における重み付け係数の分布
- 1001…本発明によるパイロット信号
- 1002…本発明によるデータシンボル d_1 の伝搬路推定に用いるパイロット信号
- 1003…本発明の伝搬路推定方法における乗算器
- 1004…本発明の伝搬路推定方法における加算器
- 1005…データ信号
- 1006…本発明による伝搬路推定結果を用いるデータシンボル d_1
- 1007…本発明によるデータシンボル d_2 の伝搬路推定に用いるパイロット信号
- 1008…本発明の伝搬路推定方法における乗算器
- 1009…本発明の伝搬路推定方法における加算器
- 1010…本発明による伝搬路推定結果を用いるデータシンボル d_2
- 1101…フェージングの周波数スペクトル
- 1102…最大ドップラー周波数の2倍の周波数
- 1103…データ伝送速度
- 1104…フェージングの周波数スペクトル領域を通過させる低域通過フィルタ
- 1201…伝搬路における熱雑音
- 1202…伝搬路においてフェージングと熱雑音が加わる状態

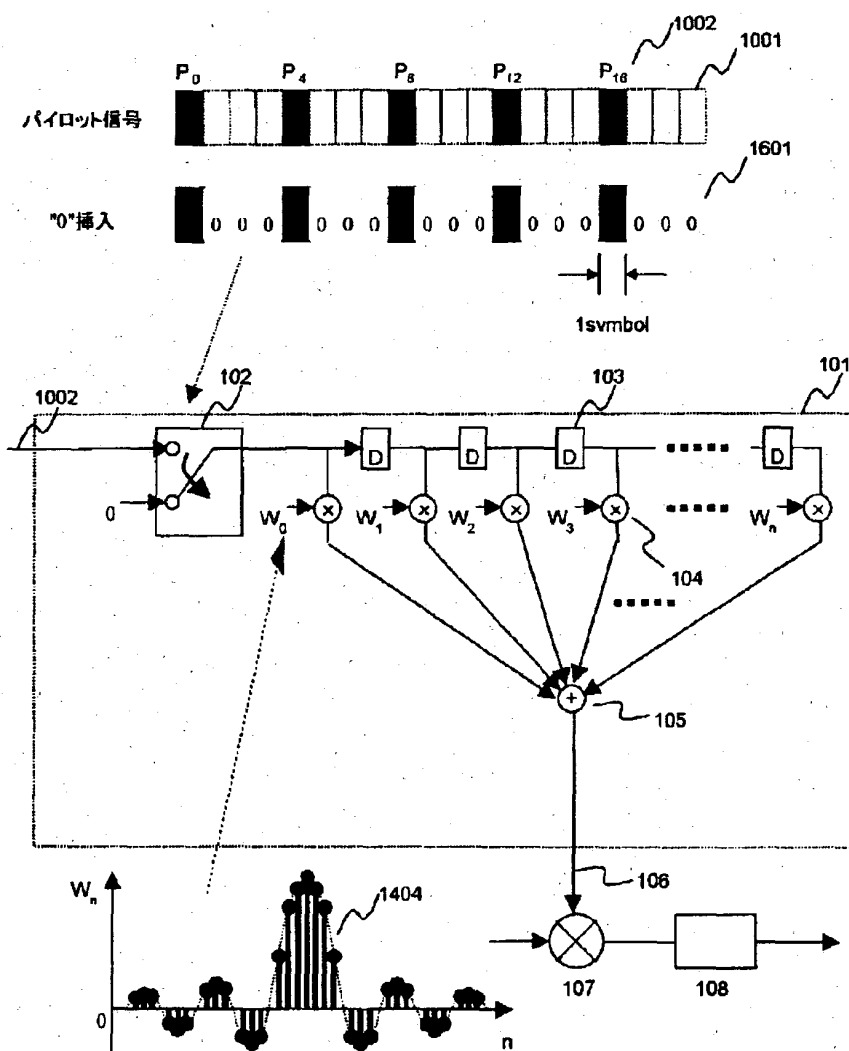
- 1203…低域通過フィルタ通過後に残留した熱雑音
- 1301…本発明による伝搬路推定方法を実現するFIR
- 1302…本発明によるFIRに入力するパイロット信号
- 1303…本発明によるFIRを構成する遅延素子
- 1304…本発明によるFIRを構成する乗算器
- 1305…本発明によるFIRを構成する加算器
- 1303…本発明による伝搬路推定値
- 1401…フーリエ変換演算
- 1402…理想低域通過フィルタのインパルス応答
- 1403…理想低域通過フィルタにおける波形間隔
- 1404…本発明によるFIRの各係数に設定する重み付け係数の値
- 1501…パイロット信号の時間波形
- 1502…本発明によるサンプリングされたパイロット信号
- 1503…本発明による伝搬路推定値
- 1601…本発明によるサンプリング間隔を開けてパイロット信号をサンプリングし、間に"0"を挿入した信号
- 1602…本発明による伝搬路推定値
- 1801…本発明による伝搬路推定装置
- 1802…本発明による重み付け係数の分布
- 1803…本発明による伝搬路推定装置
- 1804…本発明による重み付け係数の分布。

【書類名】

図面

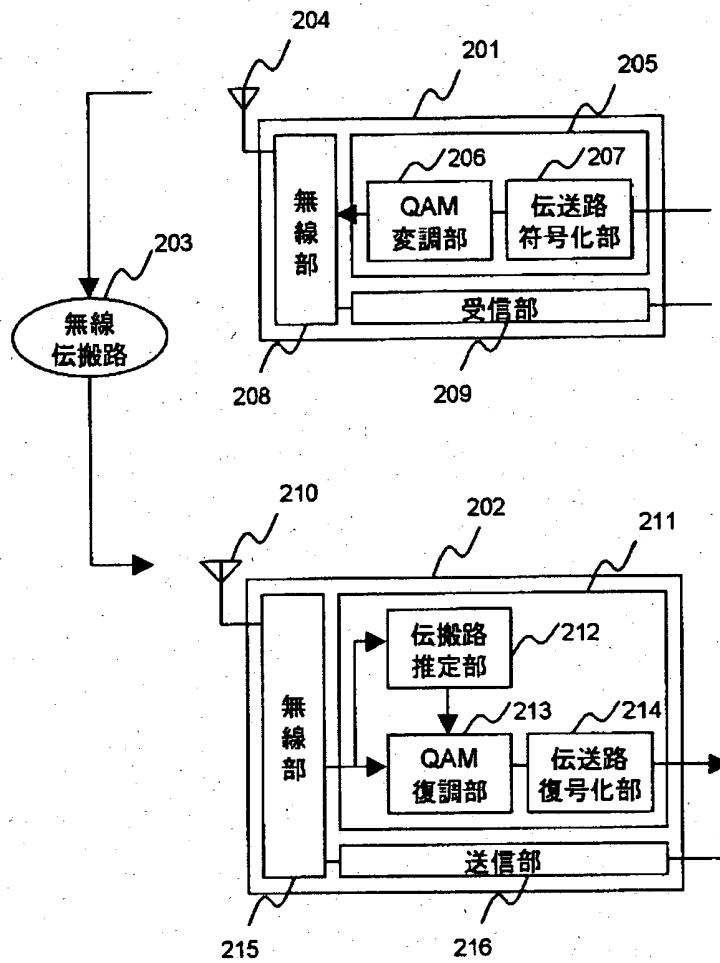
【図1】

図1

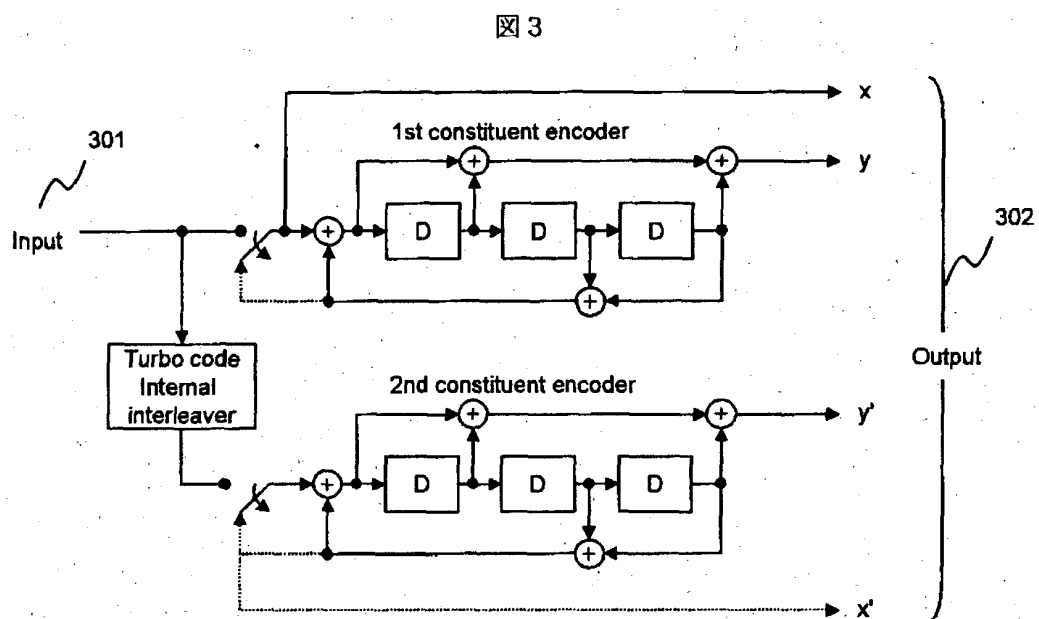


【図 2】

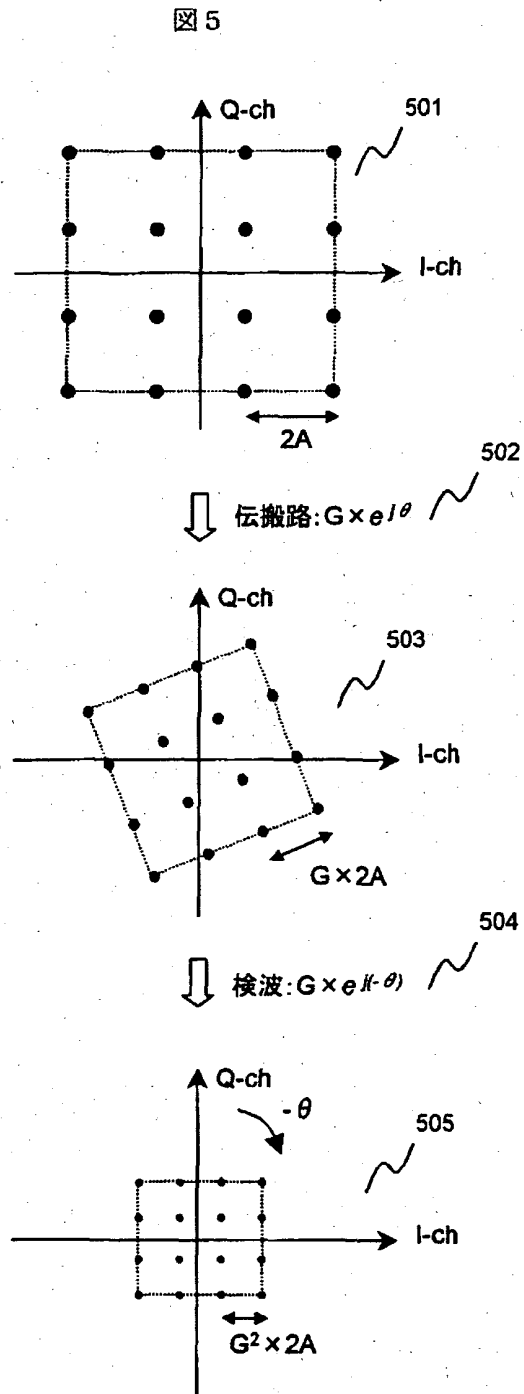
図 2



【図 3】

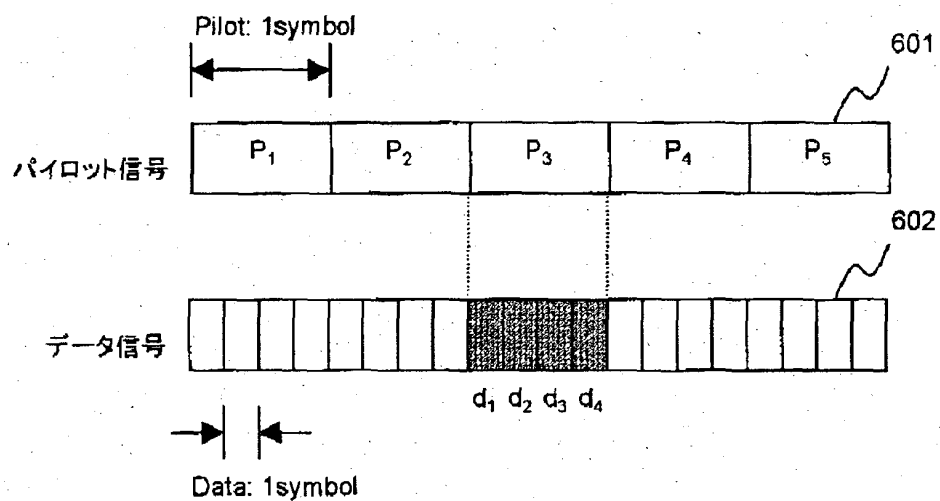


【図 5】



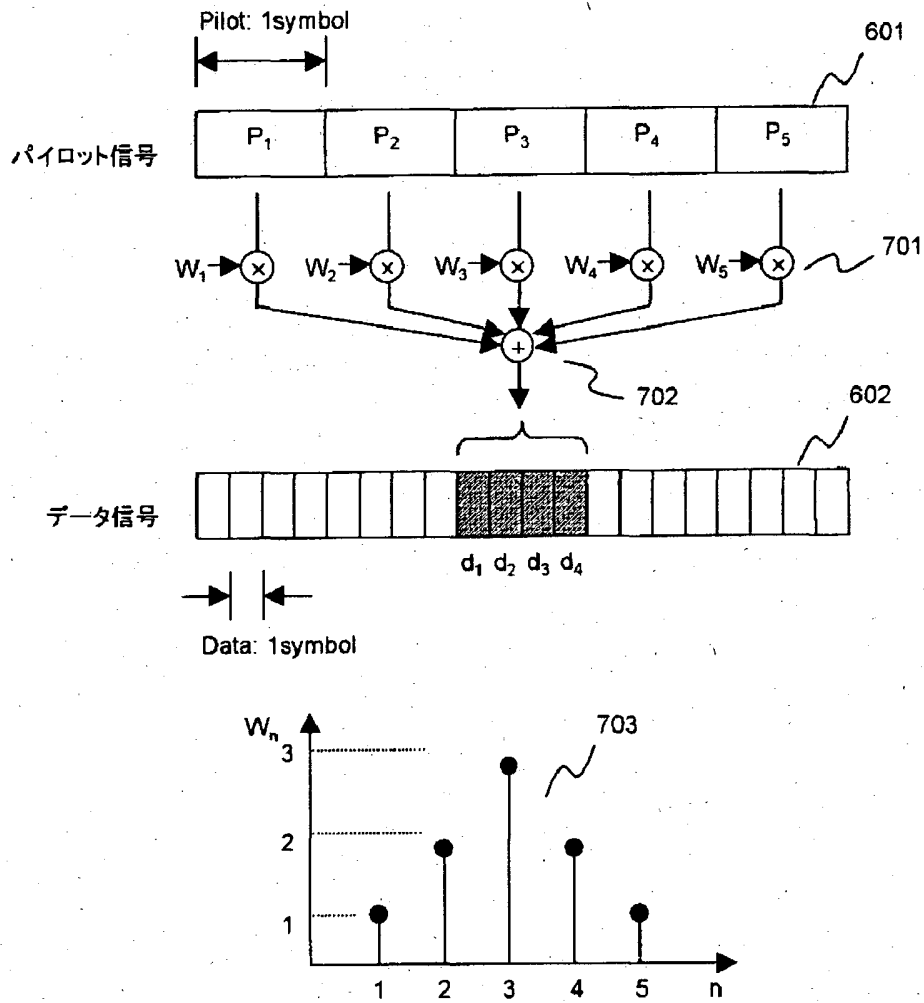
【図 6】

図 6



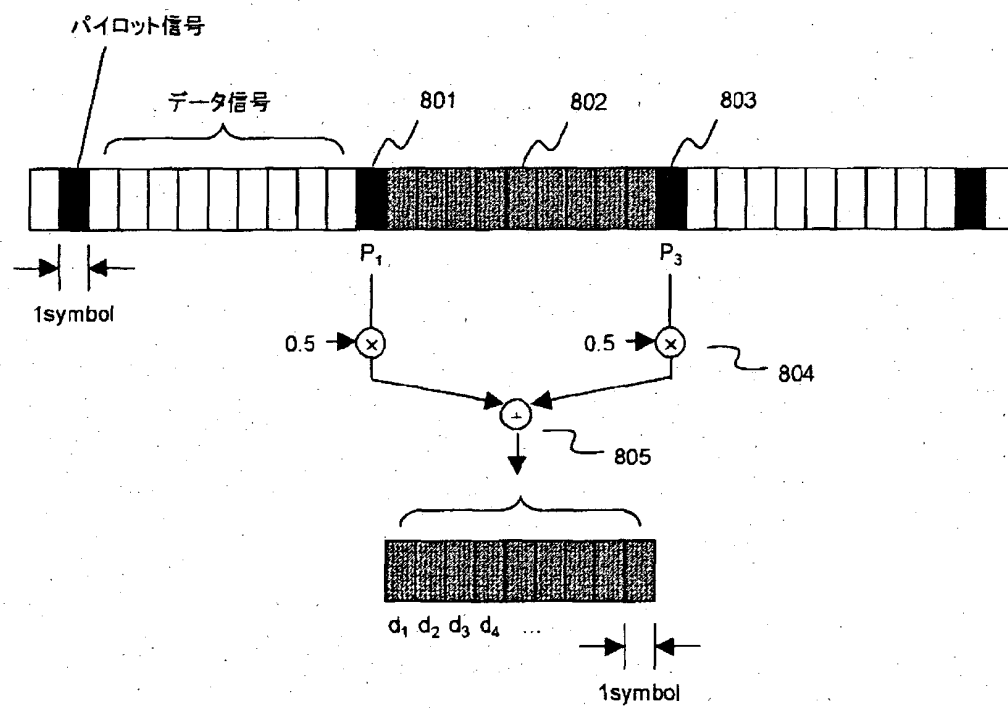
【図 7】

図 7



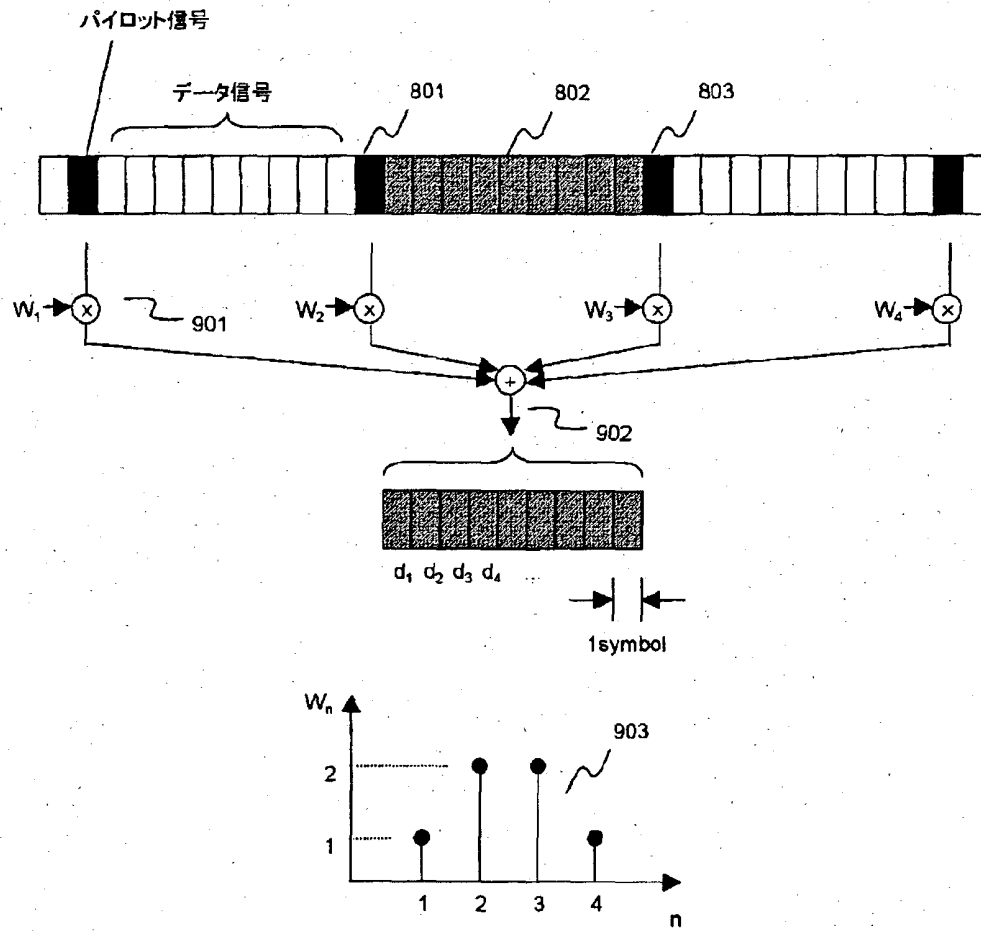
【図8】

図8



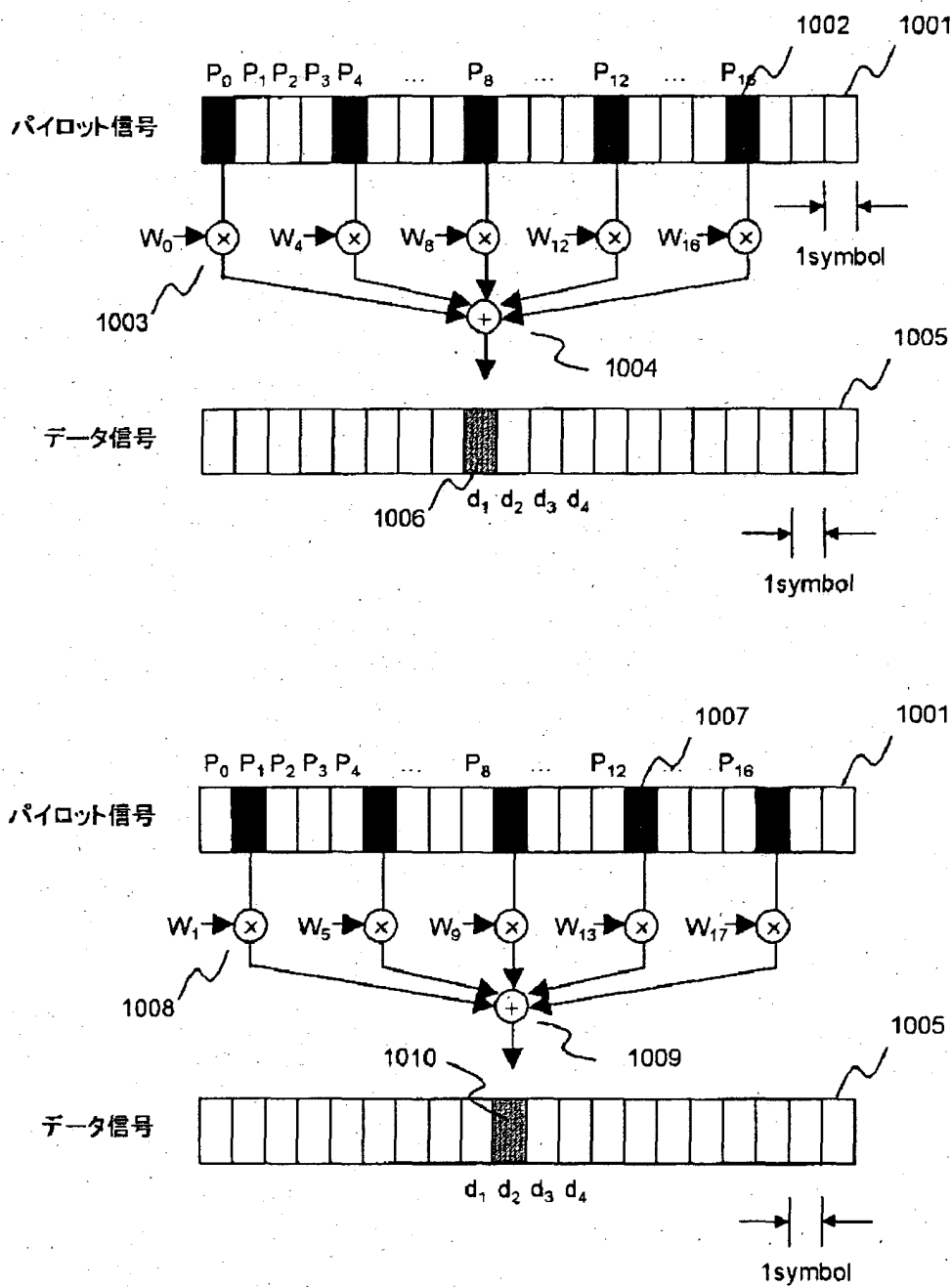
【図9】

図9



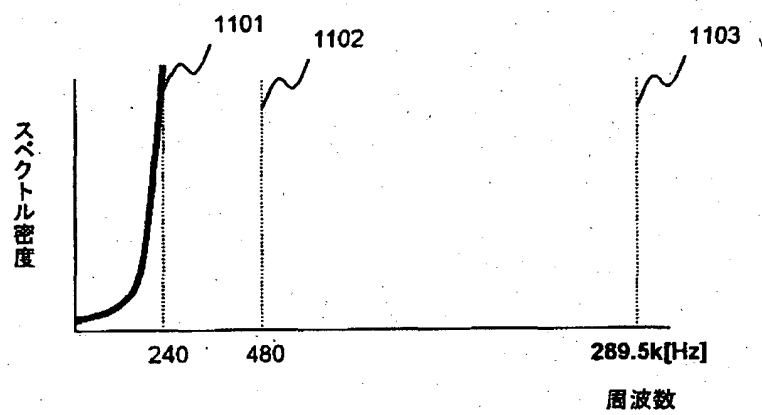
【図10】

図10



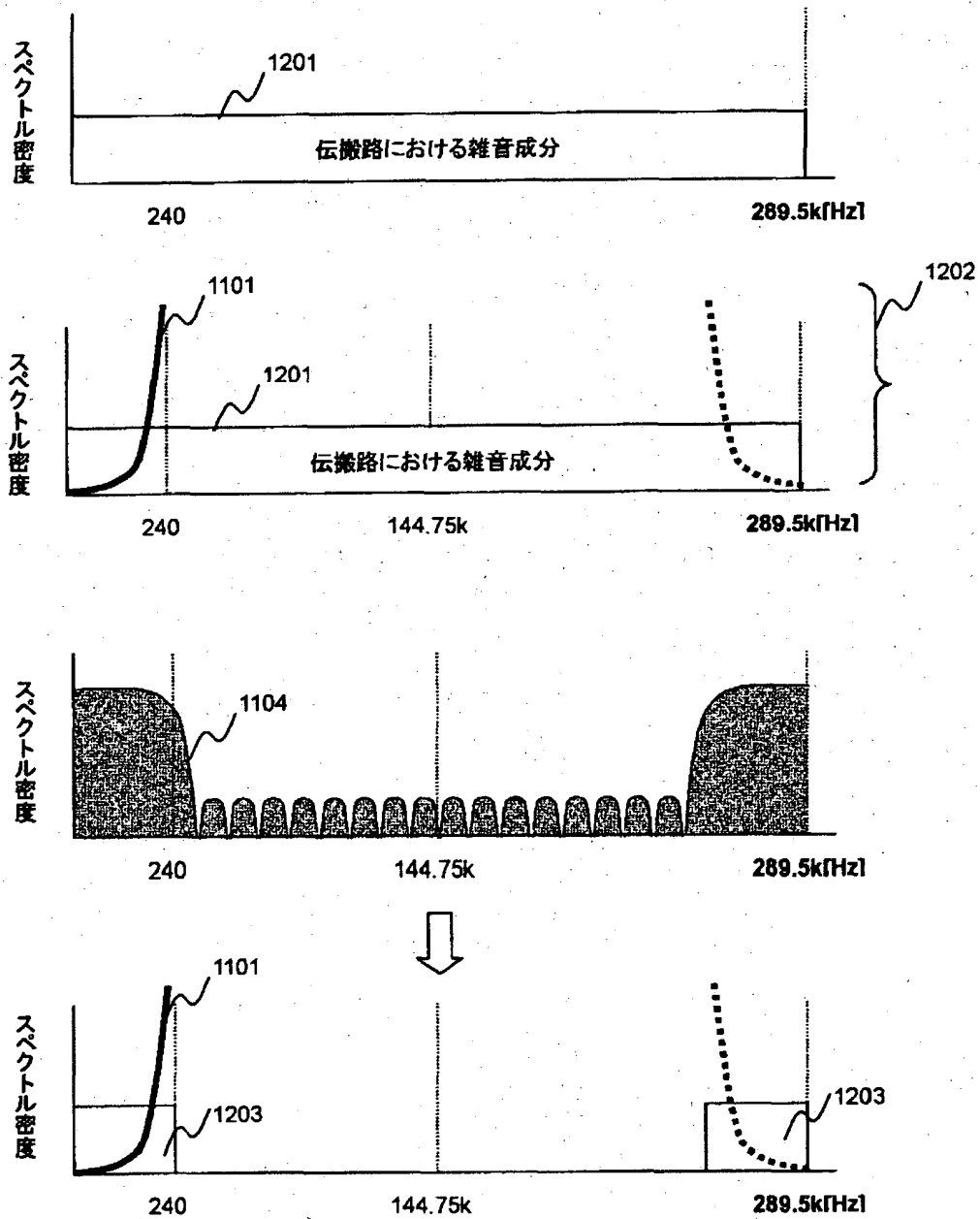
【図 11】

図 11



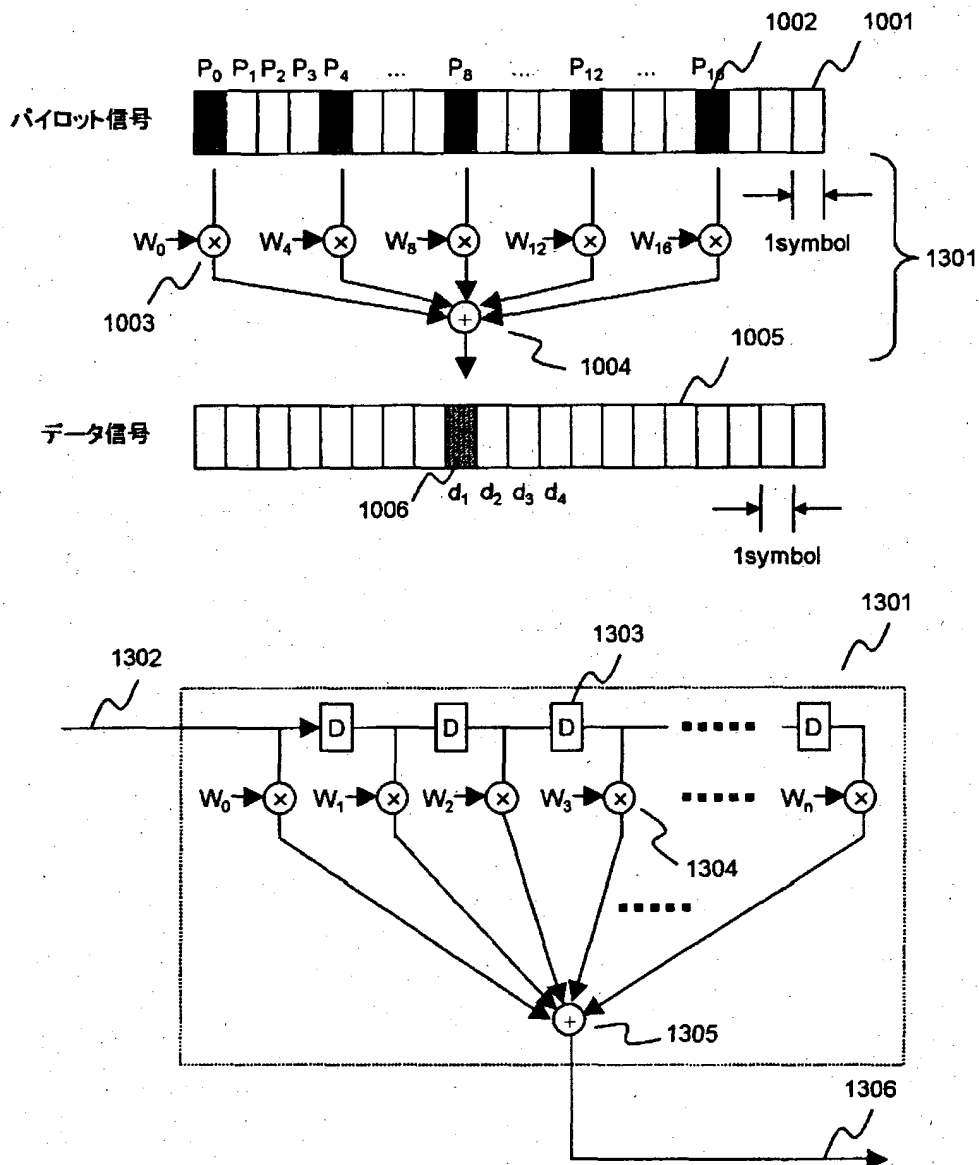
【図 1.2】

図 1.2



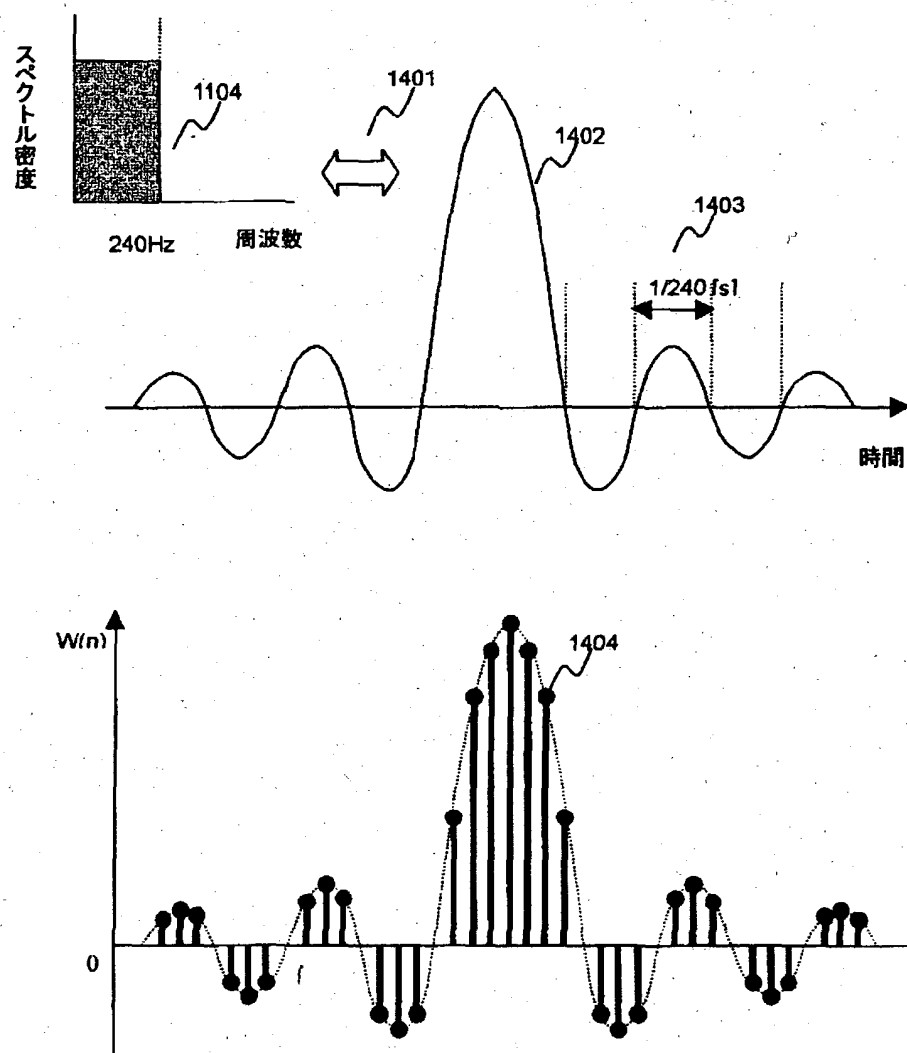
【図13】

図13



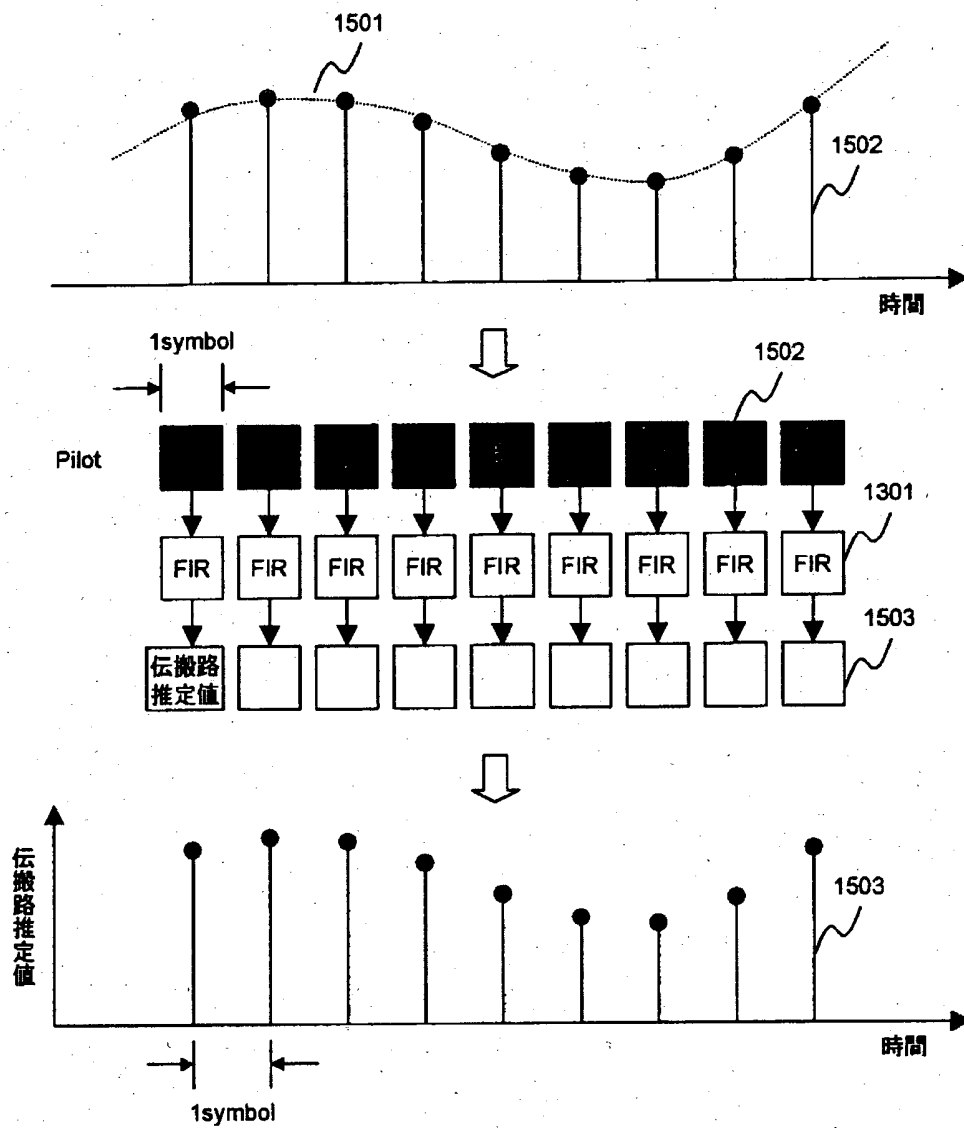
【図 14】

図 14



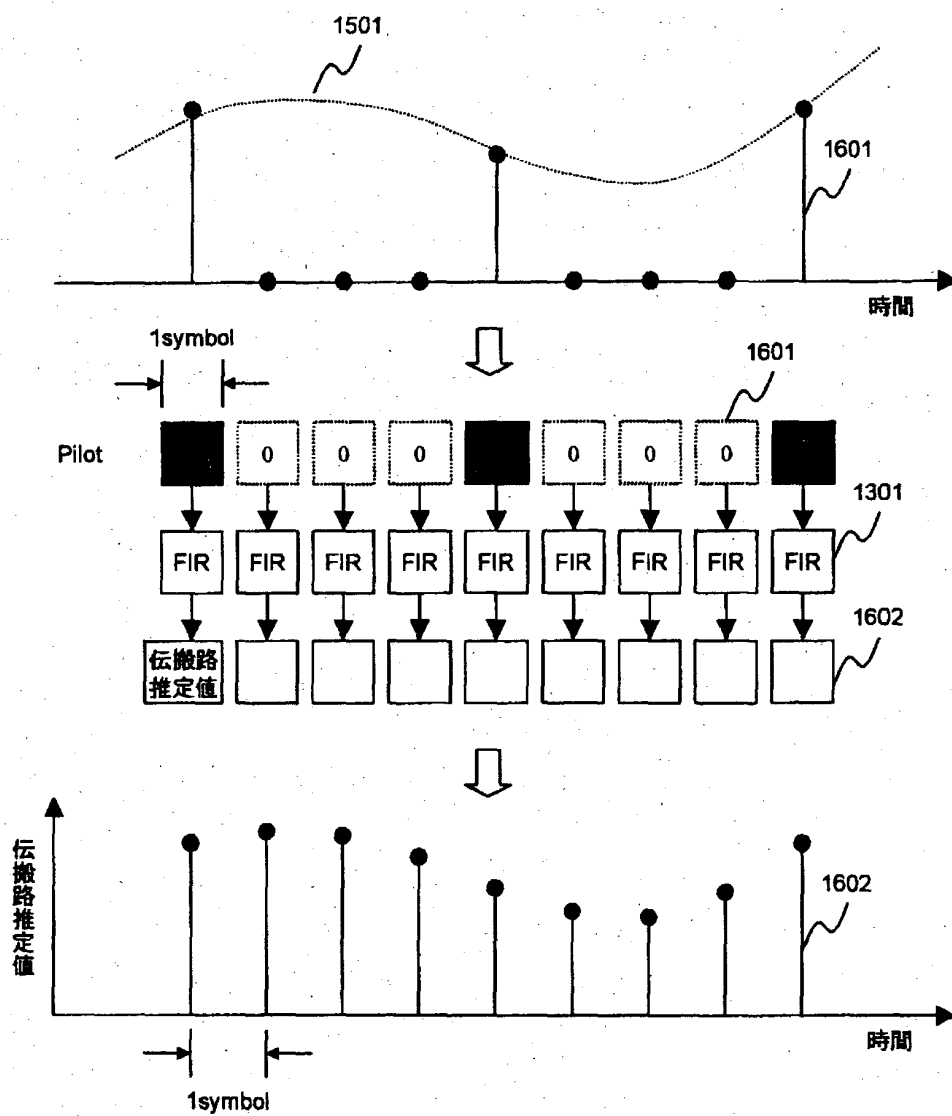
【図15】

図 15



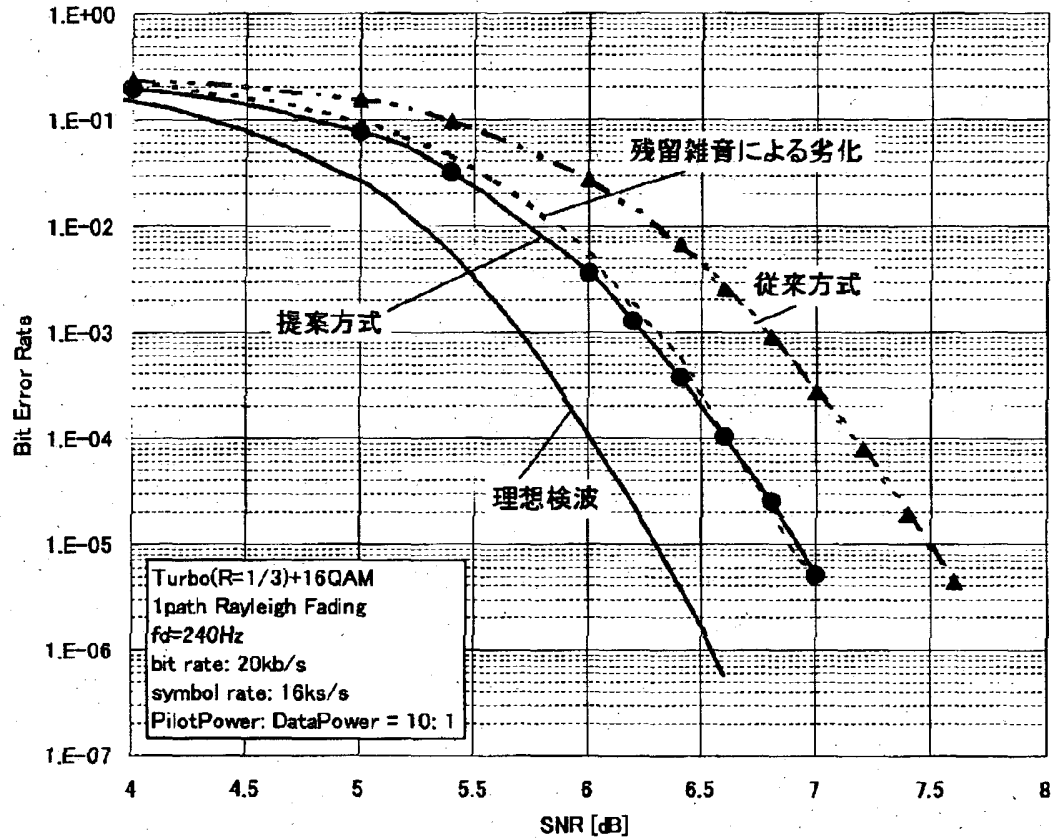
【図 16】

図 16



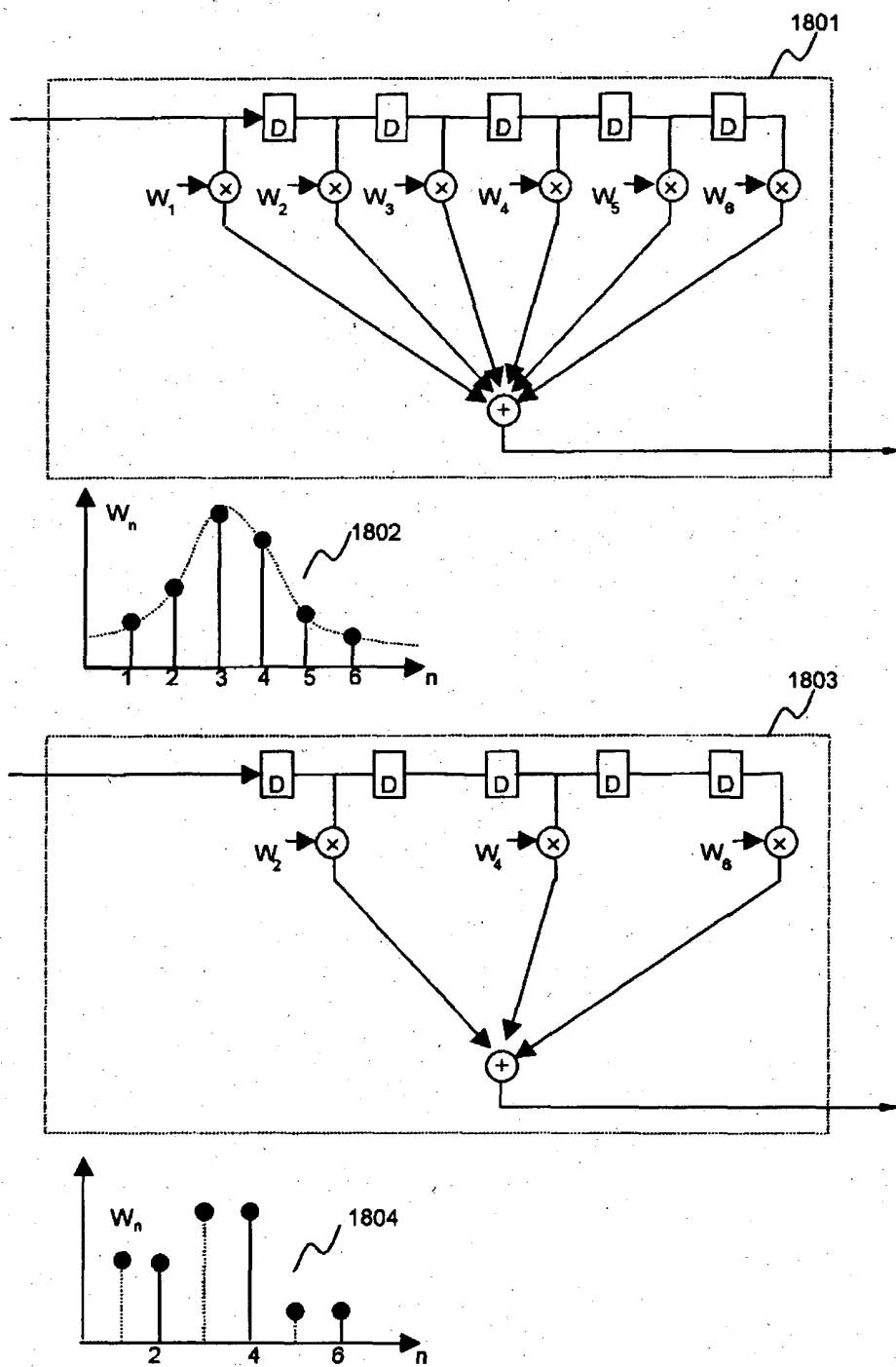
【図 17】

図 17



【図18】

図18



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、無線通信システムにおける情報伝送速度の高速化に伴い、周波数利用効率を高めるために変調方式としてQAMを適用するシステムが増えていく中で、効率よく、かつ精度よく伝搬路を推定し、良好な品質、すなわち良好な誤り率特性で通信するための伝搬路推定方法を提供することである。

【解決手段】 上記課題を解決するため、データ信号の一つ一つのシンボルに対して異なる伝搬路推定値を算出して復調に用いることにより特性改善を図る。また上記課題を解決するため、無線伝搬路におけるフェージングの有する周波数特性に着目し、推定誤差を増大させる熱雑音を除去する帯域制限フィルタを用いることにより伝搬路推定値の算出精度を高める。

【選択図】 図 1

特2003-052234

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-052234
受付番号	50300325604
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成15年 3月 3日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 2月28日

特2003-052234

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所